

8-27-04

JFW

Express Mail No. EV 346 811578US

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re Application of: Christophe MALEVILLE et al.

Confirmation No. 6754

Application No.: 10/809,918

Group Art Unit: 2812

Filing Date: March 26, 2004

Examiner:

For: METHOD FOR CHARACTERIZING A STEP
OF IMPLANTING IN A MATERIAL SUBSTRATE

Atty. Docket No.: 4717-13300

SUBMISSION OF CERTIFIED PRIORITY DOCUMENT

Commissioner for Patents
P.O. Box 1450
Alexandria, Virginia 22313-1450

Sir:

Applicants have claimed priority of French application no. 0112507 filed September 28, 2001, under 35 U.S.C. § 119. In support of this claim, a certified copy of said application is submitted herewith.

No fee or certification is believed to be due for this submission. Should any fees be required, however, please charge such fees to Winston & Strawn LLP Deposit Account No. 50-1814.

Respectfully submitted,

Date: 8/25/04


Allan A. Fanucci (Reg. No. 30,256)

WINSTON & STRAWN LLP
CUSTOMER NO. 28765
(212) 294-3311

Enclosures

NY:888448.1

THIS PAGE BLANK (USPTO)



BREVET D'INVENTION

CERTIFICAT D'UTILITÉ - CERTIFICAT D'ADDITION

COPIE OFFICIELLE

Le Directeur général de l'Institut national de la propriété industrielle certifie que le document ci-annexé est la copie certifiée conforme d'une demande de titre de propriété industrielle déposée à l'Institut.

Fait à Paris, le 08 JUIN 2004

Pour le Directeur général de l'Institut
national de la propriété industrielle
Le Chef du Département des brevets

CERTIFIED COPY OF
PRIORITY DOCUMENT

Martine PLANCHE

INSTITUT
NATIONAL DE
LA PROPRIÉTÉ
INDUSTRIELLE

SIEGE
26 bis, rue de Saint-Petersbourg
75800 PARIS cedex 08
Téléphone : 33 (0)1 53 04 53 04
Télécopie : 33 (0)1 53 04 45 23
www.inpi.fr

THIS PAGE BLANK (USE 10)

**BREVET D'INVENTION
CERTIFICAT D'UTILITÉ**

Code de la propriété intellectuelle - Livre VI

cerfa
N° 11354*0126 bis, rue de Saint Pétersbourg
75800 Paris Cedex 08
Téléphone : 33 (1) 53 04 53 04 Télécopie : 33 (1) 42 94 86 54**REQUÊTE EN DÉLIVRANCE**
page 1/2**R1**

Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

08 540 W / 300301

| | | | |
|--|--|--|--|
| REMISE DES PIÈCES DATE 28 SEPT 2001 LIEU 75 INPI PARIS N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI 0112507 DATE DE DÉPÔT ATTRIBUÉE PAR L'INPI 2 8 SEP. 2001 | | 1 NOM ET ADRESSE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE À QUI LA CORRESPONDANCE DOIT ÊTRE ADRESSÉE Cabinet REGIMBEAU 20, rue de Chazelles 75847 PARIS CEDEX 17 FRANCE | |
| Vos références pour ce dossier (facultatif) 239287 JC | | <input type="checkbox"/> N° attribué par l'INPI à la télécopie | |
| 2 NATURE DE LA DEMANDE Demande de brevet <input checked="" type="checkbox"/> Demande de certificat d'utilité <input type="checkbox"/> Demande divisionnaire <input type="checkbox"/> <i>Demande de brevet initiale</i> N° _____ Date _____ <i>ou demande de certificat d'utilité initiale</i> N° _____ Date _____ Transformation d'une demande de brevet européen <i>Demande de brevet initiale</i> <input type="checkbox"/> N° _____ Date _____ | | Cochez l'une des 4 cases suivantes | |
| 3 TITRE DE L'INVENTION (200 caractères ou espaces maximum) PROCÉDE DE CARACTERISATION D'UNE ÉTAPE D'IMPLANTATION DANS UN SUBSTRAT DE MATERIAU | | | |
| 4 DÉCLARATION DE PRIORITÉ OU REQUÊTE DU BÉNÉFICE DE LA DATE DE DÉPÔT D'UNE DEMANDE ANTÉRIEURE FRANÇAISE | | Pays ou organisation _____ N° _____ Date _____ Pays ou organisation _____ N° _____ Date _____ Pays ou organisation _____ N° _____ Date _____ <input type="checkbox"/> S'il y a d'autres priorités, cochez la case et utilisez l'imprimé «Suite» | |
| 5 DEMANDEUR | | <input type="checkbox"/> S'il y a d'autres demandeurs, cochez la case et utilisez l'imprimé «Suite» | |
| Nom ou dénomination sociale _____ Prénoms _____ Forme juridique _____ N° SIREN _____ Code APE-NAF _____ | | S.O.I.TEC SILICON ON INSULATOR TECHNOLOGIES SOCIÉTÉ ANONYME 384711909 | |
| Adresse Rue _____ Code postal et ville _____ Pays _____ | | Parc Technologique des Fontaines - Chemin des Franques, 38190 BERNIN FRANCE Française | |
| Nationalité _____ N° de téléphone (facultatif) _____ N° de télécopie (facultatif) _____ Adresse électronique (facultatif) _____ | | | |

Remplir impérativement la 2^{ème} page

BREVET D'INVENTION
CERTIFICAT D'UTILITÉ
REQUÊTE EN DÉLIVRANCE
 page 2/2


| | | | |
|---|--|--|-------------------|
| REMISE DES PIÈCES DATE 28 SEPT 2001 LIEU 75 INPI PARIS N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI 0112507 | | Réservé à l'INPI | 08 540 W / 300301 |
| Vos références pour ce dossier : <i>(facultatif)</i> | | 239287 JC | |
| 6 MANDATAIRE Nom Prénom Cabinet ou Société N° de pouvoir permanent et/ou de lien contractuel Adresse Rue Code postal et ville N° de téléphone <i>(facultatif)</i> N° de télécopie <i>(facultatif)</i> Adresse électronique <i>(facultatif)</i> | | Cabinet REGIMBEAU 20, rue de Chazelles 75847 PARIS CEDEX 17 01 44 29 35 00 01 44 29 35 99 info@regimbeau.fr | |
| 7 INVENTEUR (S) Les inventeurs sont les demandeurs | | <input type="checkbox"/> Oui <input checked="" type="checkbox"/> Non Dans ce cas fournir une désignation d'inventeur(s) séparée | |
| 8 RAPPORT DE RECHERCHE Établissement immédiat ou établissement différé Paiement échelonné de la redevance | | Uniquement pour une demande de brevet (y compris division et transformation) <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Paiement en deux versements, uniquement pour les personnes physiques <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non | |
| 9 RÉDUCTION DU TAUX DES REDEVANCES | | Uniquement pour les personnes physiques <input type="checkbox"/> Requête pour la première fois pour cette invention (<i>joindre un avis de non-imposition</i>) <input type="checkbox"/> Requête antérieurement à ce dépôt (<i>joindre une copie de la décision d'admission pour cette invention ou indiquer sa référence</i>): | |
| Si vous avez utilisé l'imprimé «Suite», indiquez le nombre de pages jointes | | | |
| 10 SIGNATURE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE (Nom et qualité du signataire) | | VISA DE LA PRÉFECTURE OU DE L'INPI C. CONTE | |

La présente invention concerne les opérations de caractérisation d'un traitement que l'on a fait subir à un substrat de matériau.

Plus précisément, l'invention concerne un procédé de caractérisation d'une étape d'implantation d'au moins une espèce dans un substrat.

On précise que le substrat peut en particulier être un substrat en un matériau semiconducteur tel que du silicium.

On précise également que par « espèce », on entend tout type d'ion ou d'atome avec lequel on a implanté un substrat. Comme on le verra, dans une application préférée de l'invention, les espèces peuvent être des ions H^+ et/ou des atomes H d'hydrogène par exemple.

On peut en effet réaliser une implantation d'espèces (ions ou atomes) dans un substrat de matériau, par exemple en exposant la surface du substrat à un bombardement de ces espèces.

En fonction de l'énergie associée au bombardement, et de la nature des espèces implantées, lesdites espèces s'implantent dans la masse du substrat avec une répartition présentant un maximum marqué à une profondeur donnée. On crée ainsi un maximum de concentration des espèces implantées à une profondeur donnée du substrat.

Et il est possible de faire varier cette profondeur d'implantation en contrôlant l'énergie d'implantation, pour une espèce donnée.

Le procédé SMARTCUT® dont on trouvera une description générale dans le document FR-2 681 472 est un exemple de procédé mettant en œuvre une telle étape d'implantation.

Dans un procédé de type SMARTCUT® en effet, l'étape d'implantation est destinée à définir dans le substrat (qui est réalisé dans un matériau semi-conducteur tel que du silicium monocristallin), un plan de fragilisation.

Une étape ultérieure de ce procédé est une étape de clivage destinée à assurer au moins partiellement une fracture selon le plan de fragilisation défini au niveau de la couche d'espèces implantées.

5 Ainsi, dans l'exemple d'un procédé de type SMARTCUT®, l'étape d'implantation définit le plan de fragilisation : en fonction des caractéristiques de l'implantation, le clivage sera réalisé plus au moins facilement.

En outre, l'étape d'implantation détermine dans une certaine mesure la rugosité de surface des tranches après le clivage.

10 On a donc vu à propos de l'exemple du procédé SMARTCUT® qu'il serait souhaitable de pouvoir caractériser une opération d'implantation d'espèces dans un substrat de matériau.

Et ce besoin s'applique également à l'implantation d'espèces dans d'autres contextes.

15 De manière générale, il serait ainsi souhaitable de pouvoir caractériser deux paramètres importants de l'implantation, à savoir :

- la dose d'espèces implantées dans le substrat, et
- l'uniformité de l'implantation dans le substrat, en parcourant la surface dudit substrat.

20 On connaît des méthodes et des dispositifs qui apportent des réponses au moins partielles à ce besoin.

Il est ainsi connu selon un premier type de méthode de mesurer in situ, c'est à dire en temps réel lors de l'implantation, la dose d'espèces implantées.

25 Le document US-4 743 767 divulgue ainsi des moyens permettant de mesurer un courant électrique représentatif de l'implantation.

La méthode mise en œuvre dans ce brevet est fondée sur une mesure électrique dans un faisceau de particules chargées avec lesquelles on désire implanter des substrats.

Un premier inconvénient de cette méthode est qu'elle ne permet pas de mesurer les espèces électriquement neutres qui sont implantées dans les substrats. Or, même dans le cas de l'implantation par des espèces initialement chargées (ion H^+ par exemple), certaines de ces espèces
5 peuvent entrer en collision avec des éléments résiduels présents dans la chambre d'implantation (atomes et/ou molécules d'oxygène ou d'azote par exemple) et perdre ainsi leurs charges électriques.

De telles espèces rendues électriquement neutres peuvent conserver assez d'énergie pour s'implanter effectivement dans le substrat, et
10 la méthode mentionnée ci-dessus ne permet pas de les prendre en compte.

De la même manière, cette méthode ne permet pas de prendre en compte de manière représentative des espèces dont la charge électrique s'est, de manière générale, transformée.

Ceci par exemple être le cas d'ions H_2^+ qui, ayant un rapport (masse / charge électrique) double de celui d'un ion H^+ , sont chacun comptabilisés
15 comme un seul ion par une telle méthode, alors qu'une dose double est effectivement implantée.

En outre, cette méthode ne permet pas de caractériser l'uniformité d'implantation.

20 Il existe également des méthodes de mesure in situ qui proposent des mesures palliatives à certain des inconvénients mentionnés ci-dessus.

On trouvera par exemple dans le document US-4 751 393 une description d'une méthode permettant d'interpoler des mesures ponctuelles afin de fournir une information au moins partielle sur l'uniformité
25 d'implantation.

Par ailleurs, le document US-5 998 798 propose quant à lui de pallier dans une certaine mesure à l'absence de mesure des particules neutres, par compensation.

Mais de telles tentatives ne prennent en compte qu'un des
30 inconvénients mentionnés ci-dessus à propos des méthodes in situ.

De plus, les réponses apportées sont imparfaites (simple interpolation en ce qui concerne l'uniformité, et compensation a posteriori pour la mesure des particules neutres – au lieu d'une mesure directe de l'implantation de ces particules neutres).

5 Un deuxième type de méthode connu consiste à mesurer les caractéristiques de l'implantation ex situ, c'est à dire après la réalisation de l'étape d'implantation.

Une première méthode de ce type constitue à effectuer après l'implantation un recuit dont les paramètres sont contrôlés afin de « fixer »
10 les espèces implantées dans la structure du substrat.

Suite à ce recuit, on caractérise électriquement le substrat implanté de manière à avoir une mesure de la dose d'espèces implantées.

Une limitation importante de ce type de méthode est qu'elle n'est pas adaptée à la mesure de dose d'implantations des espèces légères telles
15 que l'hydrogène (ou encore l'hélium).

Cette limitation est particulièrement pénalisante dans le cas de la caractérisation d'une implantation par un ion léger tel que l'hydrogène ce qui correspond à une application préférée d'un procédé de type SMARTCUT®.

Dans un deuxième méthode de mesure ex situ, on effectue une
20 caractérisation optique de la couche superficielle du substrat implanté.

Les documents US-5 834 364 et US-4 807 994 donnent des exemples d'une telle méthode.

Mais ici encore, la méthode est adaptée à la mesure de l'implantation d'ions lourds tels que du phosphore ou du bore, et se trouve
25 mal adaptée pour la mesure de l'implantation d'ions légers tel que l'hydrogène.

En outre, la mise en œuvre de cette méthode nécessite des équipements spécifiques (du type Thermaprobe®).

Le document US-4 807 994 est en outre limité à la mesure de
30 l'uniformité d'implantation. Par ailleurs, ce document divulgue une méthode

limitée à la caractérisation de doses d'implantation relativement faibles, alors que les doses d'implantation mises en œuvre dans un procédé du type SMARTCUT® sont typiquement supérieures à 10^{16} atomes par cm^2 .

5 Selon une troisième méthode de mesure ex situ, il est connu d'analyser la partie réfléchie d'un faisceau mono-énergétique de particules de haute énergie dirigé sur un substrat préalablement implanté, pour établir un profil d'implantation dans une couche superficielle du substrat.

On trouvera une description d'une telle méthode dans l'article « Rutherford backscattering spectrometry (RBS) » de Scott M. BAUMANN
10 édité par la société Charles EVENS & Associates – 810 Kifer Road Sunnyvale, CALIFORNIA USA.

Une première limitation d'une telle méthode est qu'elle est mal adaptée à la caractérisation de l'uniformité d'implantation.

En effet, il faudrait pour cela procéder à une multitude de mesures
15 point par point, ce qui s'avérerait fastidieux et coûteux.

En outre, l'épaisseur de la couche du substrat que l'on peut caractériser de la sorte demeure limitée.

Enfin, la précision des mesures obtenues par ce type de méthode est limitée à 5 %, ce qui est insuffisant pour certaines applications.

20 Enfin, une quatrième méthode de mesure ex situ consiste à mettre en œuvre un faisceau énergétique pour graver la surface d'un substrat implanté puis à analyser le substrat gravé dans sa masse.

Une telle méthode est désignée par l'appellation anglo-saxonne de « secondary ion mass spectrometry ».

25 Un premier inconvénient de ce type de méthode est qu'ici encore, elle est mal adaptée à la caractérisation de l'uniformité de l'implantation.

En outre, cette méthode se révèle très onéreuse à mettre en œuvre.

Il apparaît ainsi que s'il existe différentes méthodes permettant dans une certaine mesure de caractériser une dose d'espèces implantées, ou une
30 uniformité d'implantation, il demeure un besoin pour une méthode rapide et

simple permettant de caractériser simultanément ces deux aspects, en s'affranchissant des inconvénients mentionnés ci-dessus.

Le but de l'invention est de répondre à ce besoin.

5 Afin d'atteindre ce but, l'invention propose un procédé de caractérisation ex situ d'une d'implantation d'au moins une espèce dans un substrat, caractérisé en ce que le procédé comprend :

- une étape de recuit destinée à provoquer le bullage de l'espèce dans le substrat implanté,
- une étape d'acquisition d'une image du substrat,
- 10 • une étape de traitement d'image.

Des aspects préférés, mais non limitatifs du procédé selon l'invention sont les suivants :

- lors de l'étape de traitement d'image on analyse la densité et la taille des bulles,
- 15 • lors de l'étape de traitement d'image, on calcule une surface bullée,
- préalablement aux étapes de recuit, d'acquisition et de traitement d'image, on réalise une calibration de la densité de bulles en fonction de la dose d'implantation,
- on déduit d'un paramètre de densité de bullage une mesure de dose implantée,
- 20 • on exploite une mesure de dose implantée pour établir un facteur de compensation d'un implanteur,
- on effectue différentes mesures de bullage en différents endroits du substrat, de manière à obtenir une répartition spatiale de dose à la surface du substrat,
- 25 • on effectue lesdites mesures sur plusieurs substrats auxquels on a fait subir l'étape de recuit dans les mêmes conditions avec des orientations individuelles différentes pour tenir compte des effets thermiques locaux lors de l'étape de recuit,
- 30 • l'espèce implantée est de l'hydrogène ou de l'hélium,

- le substrat est réalisé dans un matériau semiconducteur,
- ledit matériau est du silicium monocristallin.

D'autres aspects, buts et avantages de l'invention apparaîtront mieux à la lecture de la description suivante d'une forme de réalisation de l'invention, faite en référence aux dessins annexés sur lesquels :

- la figure 1 représente quatre vues successives de la surface d'un même substrat qui a été préalablement implanté, les quatre vues correspondant à quatre stades d'un recuit effectué selon l'invention, et formant ainsi une séquence temporelle illustrant l'évolution de l'aspect de la surface du substrat au fil du recuit,
- la figure 2 est un graphe montrant l'évolution de la densité de bulles générées par un recuit, en fonction de la durée de recuit,
- la figure 3 est un graphe illustrant l'effet d'une application de l'invention, qui consiste à établir des facteurs de compensation d'implanteurs, à partir de mesures de dose d'implantation réalisées selon l'invention,
- la figure 4 est un graphe illustrant un résultat de mesures de répartition spatiale de la densité de bulles sur la surface d'un wafer, dans différentes directions de mesure.

Le procédé de caractérisation selon l'invention est un procédé de caractérisation ex situ, c'est à dire qu'il permet de caractériser (par différents paramètres que l'on va détailler) une étape d'implantation qui a été préalablement réalisée dans un substrat.

On désignera par « implanteur » le dispositif ayant permis d'implanter le substrat. Il peut être de tout type connu en soi.

Comme mentionné ci-dessus, dans une mise en œuvre préférée de l'invention le substrat est en un matériau semiconducteur tel que le silicium monocristallin, et l'espèce d'implantation est de l'hydrogène.

Toutefois, le matériau du substrat et l'espèce implantée peuvent être différents ; on pourra ainsi par exemple caractériser un substrat de silicium implanté avec de l'hélium.

Partant donc d'un substrat qui a été préalablement implanté, le procédé de caractérisation selon l'invention comprend les étapes principales suivantes :

- une étape de recuit destinée à provoquer le bullage de l'espèce dans le substrat implanté,
- une étape d'acquisition d'une image du substrat,
- une étape de traitement d'image.

L'étape de recuit est effectuée à une température et pendant une durée contrôlée, de manière à provoquer la formation de bulles d'hydrogène dans la région superficielle du substrat.

Un tel phénomène sera nommé ici « bullage », par correspondance avec l'appellation anglo-saxonne de « blistering ».

L'effet d'un tel recuit sur un substrat implanté est illustré sur la figure 1, dont les quatre vues successives représentent l'évolution de l'aspect de surface d'un substrat implanté (1A), à la surface duquel des bulles apparaissent au cours du recuit (1B et 1C, successivement selon la chronologie du recuit), jusqu'à un état où le phénomène de « bullage » est pratiquement achevé (1D).

Le recuit dont les effets sont illustrés sur la figure 1 a été mené à une température de 440 °C.

Cet exemple de température n'est cependant pas limitatif. Il illustre simplement une valeur qui correspond à un bon compromis dans le cas de l'application préférée de l'invention.

En effet, la définition de cette température de recuit doit à la fois :

- être assez élevée pour favoriser le bullage qui nécessite un certain budget thermique (ledit budget dépendant essentiellement de la température et de la durée de recuit),
- et ne pas dépasser une valeur limite supérieure au delà de laquelle le budget thermique devient trop important, de sorte que certaines bulles

formées lors du bullage viennent à éclater, ce qui ne permet plus une bonne caractérisation.

En contrôlant les paramètres (température, durée) du recuit, on provoque ainsi un bullage plus ou moins important de l'hydrogène implanté
5 (tout en évitant que les bulles n'éclatent).

La figure 2 illustre l'évolution d'un paramètre représentatif de la densité surfacique de bulles à la surface du substrat (en ordonnées), en fonction de la durée d'un recuit (abscisses) dont la température est par ailleurs déterminée.

10 Il s'agit ici du même recuit que celui dont les effets sont illustrés sur la figure 1.

Ce paramètre de densité est issu d'un traitement de l'image de la surface du substrat après son recuit, que l'on a acquise par des moyens tels qu'un capteur CCD. Ce paramètre est typiquement lié au nombre de pixels
15 correspondant à une surface bullée sur un champ de microscope.

Le paramètre de densité est lié en particulier aux facteurs suivants :

- seuil de discrimination utilisé dans le traitement de l'image microscopique,
- 20 • taille et définition de cette image,
- durée et température du recuit, et
- dose d'hydrogène réellement implantée dans le substrat.

Pour ceux de ces paramètres que l'on peut contrôler (c'est à dire tous, sauf la dose implantée), on définit des valeurs de fonctionnement ;
25 la mesure résultante de densité sera exploitée pour calculer la dose implantée.

Pour calculer la dose qui a effectivement été implantée, on a préalablement réalisé une calibration pour établir une relation entre le paramètre de densité de bullage et la dose réelle (avec un implanteur et
30 dans des conditions de référence).



Cette calibration a été effectuée en faisant subir à un substrat préalablement implanté avec une dose connue, un recuit selon l'invention, et en caractérisant ensuite sa surface bullée.

5 Et comme on va le voir en détail à propos de la figure 4, il est également possible d'analyser la répartition spatiale de la densité de bullage pour caractériser l'uniformité d'implantation.

Revenant à la définition des paramètres que l'on peut contrôler, un paramètre important est la durée de recuit.

La figure 2 fait apparaître que :

- 10
- pour des durées de recuit faibles (inférieures à 5 minutes sur la figure), l'effet de bullage n'est pas développé,
 - il existe une plage de durées intermédiaire (entre 5 et 15 minutes sur la figure) pour lesquelles le bullage est développé, et croît avec la durée,
 - 15 • au-delà d'une certaine durée de recuit (de l'ordre de 15 à 20 minutes sur la figure) , on assiste à une « saturation » du bullage qui ne progresse plus.

Dans le cadre de l'invention, on choisira de préférence la durée de recuit (en fonction de sa température bien sûr) de sorte que le bullage soit largement développé, et ait atteint un stade précédant immédiatement la saturation (donc de l'ordre de 15 minutes dans le cas de l'exemple de la figure 2).

20

En effet, d'une part il faut éviter un recuit trop court :

- il est important d'avoir un bullage développé, permettant des mesures exploitables – ceci nécessite une durée minimale comme le montre la figure 2,
 - 25 • par ailleurs, une durée de recuit trop courte expose le substrat aux effets locaux de température dans les fours de recuit (points froids/chauds ...) – on peut gommer ces effets en prolongeant le recuit.
- 30

Mais d'autre part, il est tout de même souhaitable de ne pas prolonger le recuit au-delà de la durée de saturation :

- ceci est lié au fait qu'en prolongeant le recuit de manière excessive, on risque de favoriser l'explosion de cloques formées par certaines bulles à la surface du substrat. Et une surface de substrat implanté qui comporterait certaines bulles ayant éclaté serait difficile à caractériser, du fait des problèmes de discrimination visuelle entre bulles éclatées/bulles non éclatées/fond du substrat.

Une durée de recuit bien adaptée est donc une durée suffisante pour garantir un bon développement du bullage, mais n'ayant pas dépassé la durée de saturation.

Dans une application particulière de l'invention, on exploite les mesures de dose d'hydrogène réalisées par traitement d'image de substrat ayant subi un recuit, pour déterminer des facteurs de compensation devant être appliqués à divers implantateurs.

En effet, dans le cas d'une mise en œuvre industrielle de l'implantation, on peut être amené à utiliser plusieurs implantateurs différents (bien qu'éventuellement de même conception), pour implanter en parallèle des substrats.

Et il est souhaitable de pouvoir commander l'opération de ces implantateurs par une consigne unique, qui est transmise à chacun de ces implantateurs.

Or, deux implantateurs différents et recevant la même consigne (c'est à dire étant commandés pour implanter les mêmes doses), même s'ils ont été conçus de la même manière, sont susceptibles d'effectuer en réalité des implantations avec des doses différentes.

On constate ainsi typiquement des écarts pouvant être de l'ordre de 5%.

Il est donc nécessaire de choisir un implantateur de référence et d'associer à chaque autre implantateur un facteur de compensation, qui



permet d'adapter la consigne individuelle de l'implanteur en question par multiplication de la consigne commune, afin que tous les implanteurs implantent effectivement les mêmes doses.

5 Le facteur de compensation est ainsi voisin de l'unité – il peut typiquement descendre jusqu'à une valeur d'environ 0,9.

Cette opération de définition d'un facteur de compensation peut être appelée « équilibrage ».

10 La figure 3 illustre les mesures des doses réellement implantées par deux implanteurs différents, mesures effectuées selon l'invention en, mettant en œuvre les mêmes recuits.

Plus précisément, pour chaque implanteur on a mesuré la dose avant équilibrage (deux mesures de gauche sur la figure 4), et après équilibrage (deux mesures de droite sur cette figure).

15 Les ordonnées sont un paramètre de densité qui représente la dose implantée.

On constate qu'avant équilibrage, une différence significative du paramètre de densité existe entre les implantations réalisées par les deux implanteurs respectifs : ce paramètre a une valeur de 20000 pour l'implanteur 1, alors qu'il a une valeur de 24000 pour l'implanteur 2.

20 Cette différence importante du paramètre de densité correspond à une différence de 1% dans les doses réellement implantées par les deux implanteurs.

Ainsi, le paramètre de densité est très sensible aux variations de dose, et il permet de détecter des variations faibles.

25 Dans l'exemple de la figure 3, un écart de 1% est aisément détecté.

Et il est ainsi possible de définir pour l'implanteur 1 un facteur de compensation, l'implanteur 2 servant d'implanteur de référence.

30 La partie droite de la figure 3 montre qu'après prise en compte de ce facteur de compensation (c'est à dire que la consigne de dose de

l'implanteur 1 a été multipliée par ledit facteur de compensation), les deux implanteurs implantent bien les mêmes doses.

On remarquera que la méthode selon l'invention permet ainsi de déterminer une dose d'implantation avec une précision de l'ordre de 1% ou mieux, ce qui constitue une amélioration sensible par rapport aux méthodes connues.

La figure 4 illustre un autre mode d'exploitation de la mesure du paramètre de densité, qui permet de caractériser l'uniformité de dose implantée sur la surface du substrat.

Ce mode d'exploitation peut être combiné avec les dispositions décrites ci-dessus.

La figure 4 représente une mesure de la dose réellement implantée – et mesurée selon l'invention comme décrit ci-dessus – sur le pourtour d'un substrat. Elle fait apparaître une sous-implantation dans le secteur midi-02 heures.

Cette mesure est fonction du budget thermique localement absorbé par le substrat lors du recuit. Elle dépend donc de l'uniformité de température dans le four de recuit.

Pour compenser des éventuelles inhomogénéités de température dans le four de recuit, il est possible de faire tourner le substrat lors du recuit.

Il est également possible d'effectuer le recuit sur plusieurs substrats identiques ayant été implantés dans les mêmes conditions et par le même implanteur (ou par des implanteurs convenablement compensés les uns par rapport aux autres – voir ci-dessus).

Dans ce dernier cas où l'on effectue le recuit sur plusieurs substrats identiques, chaque substrat est orienté différemment dans le four de recuit de manière à s'affranchir des effets thermiques locaux.



Par exemple, pour s'affranchir de l'effet orthoradial mis en évidence par la figure 4, on disposera les substrats avec des orientations angulaires régulièrement espacées entre 0° et 360°.

5 Et on moyennera alors les mesures effectuées sur les substrats identiques qui ont été orientés différemment dans le four de recuit.

Et de manière générale, en présence d'une mesure individuelle de répartition spatiale de dose mettant en évidence une anomalie locale, on établira si cette anomalie est due au recuit, par une répartition adaptée des substrats identiques dans un même four de manière à
10 s'affranchir des effets thermiques locaux puis un moyennage des mesures sur les substrats.

Une fois de telles mesures prises pour neutraliser les effets locaux des fours de recuit, il est possible d'obtenir une vue synoptique des doses implantées à la surface d'un substrat, et de caractériser
15 l'uniformité d'implantation.

L'invention offre ainsi une méthode simple et non onéreuse de caractérisation d'implantation (le temps de recuit, d'acquisition d'image et d'analyse par traitement d'image est inférieur à deux heures).

Elle ne nécessite pas d'équipement spécialisé et est applicable
20 sans spécification sur tous types de substrats implantés.

REVENDEICATIONS

1. Procédé de caractérisation ex situ d'une d'implantation d'au moins une espèce dans un substrat, caractérisé en ce que le procédé comprend :
 - une étape de recuit destinée à provoquer le bullage de l'espèce dans le substrat implanté,
 - une étape d'acquisition d'une image du substrat,
 - une étape de traitement d'image.
2. Procédé selon la revendication précédente, caractérisé en ce que lors de l'étape de traitement d'image on analyse la densité et la taille des bulles.
3. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que lors de l'étape de traitement d'image, on calcule une surface bullée.
4. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que préalablement aux étapes de recuit, d'acquisition et de traitement d'image, on réalise une calibration de la densité de bulles en fonction de la dose d'implantation.
5. Procédé selon la revendication précédente, caractérisé en ce que l'on déduit d'un paramètre de densité de bullage une mesure de dose implantée.
6. Procédé selon la revendication précédente, caractérisé en ce que on exploite une mesure de dose implantée pour établir un facteur de compensation d'un implanteur.



7. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que on effectue différentes mesures de bullage en différents endroits du substrat, de manière à obtenir une répartition spatiale de dose à la surface du substrat.
5
8. Procédé selon la revendication précédente, caractérisé en ce que on effectue lesdites mesures sur plusieurs substrats auxquels on a fait subir l'étape de recuit dans les mêmes conditions avec des orientations individuelles différentes pour tenir compte des effets thermiques locaux lors de l'étape de recuit.
10
9. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que l'espèce implantée est de l'hydrogène ou de l'hélium.
15
10. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que le substrat est réalisé dans un matériau semiconducteur.
- 20 11. Procédé selon la revendication précédente, caractérisé en ce que ledit matériau est du silicium monocristallin.

1/2

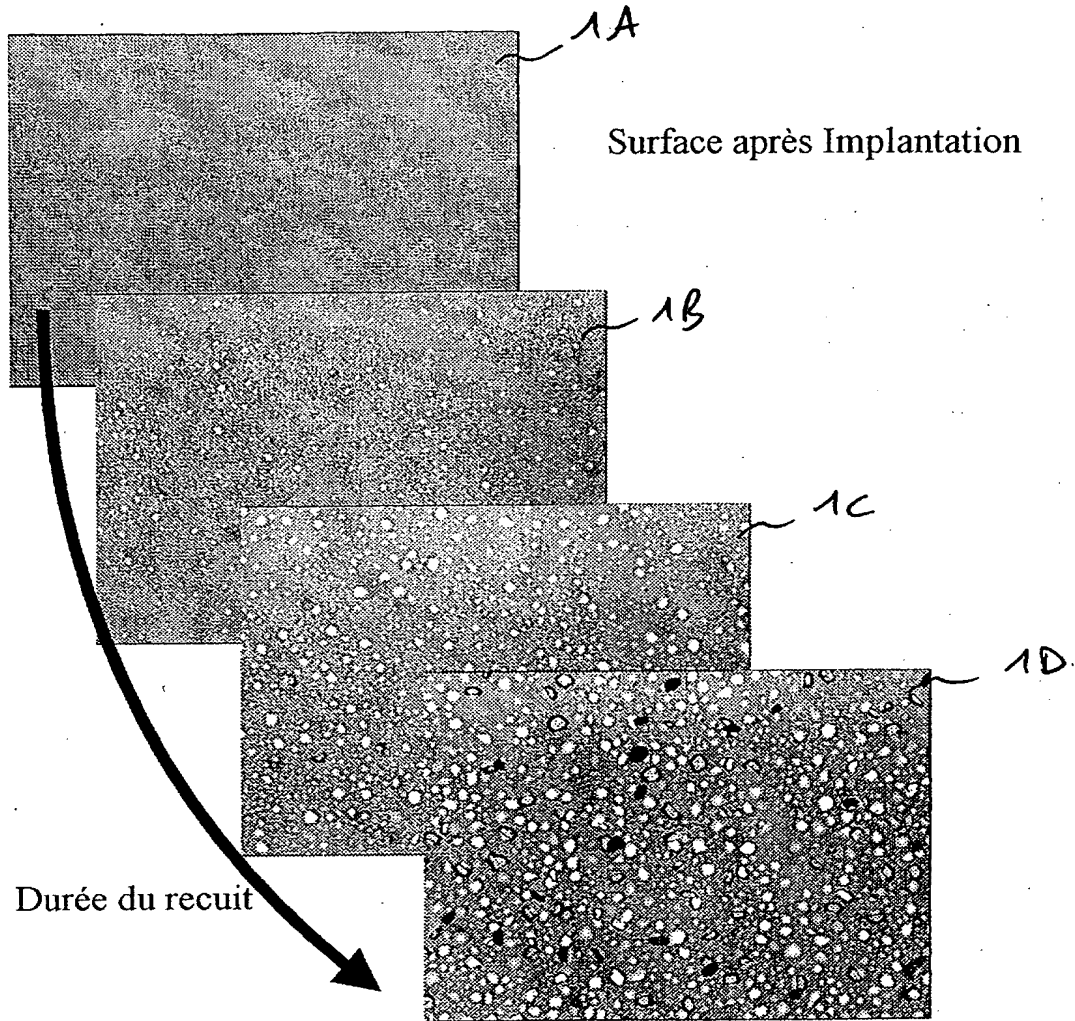


Fig. 1

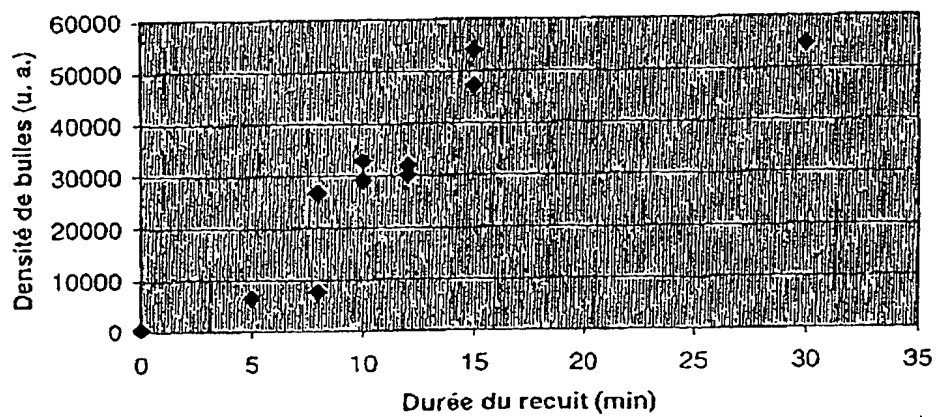


Figure 2



1 / 2

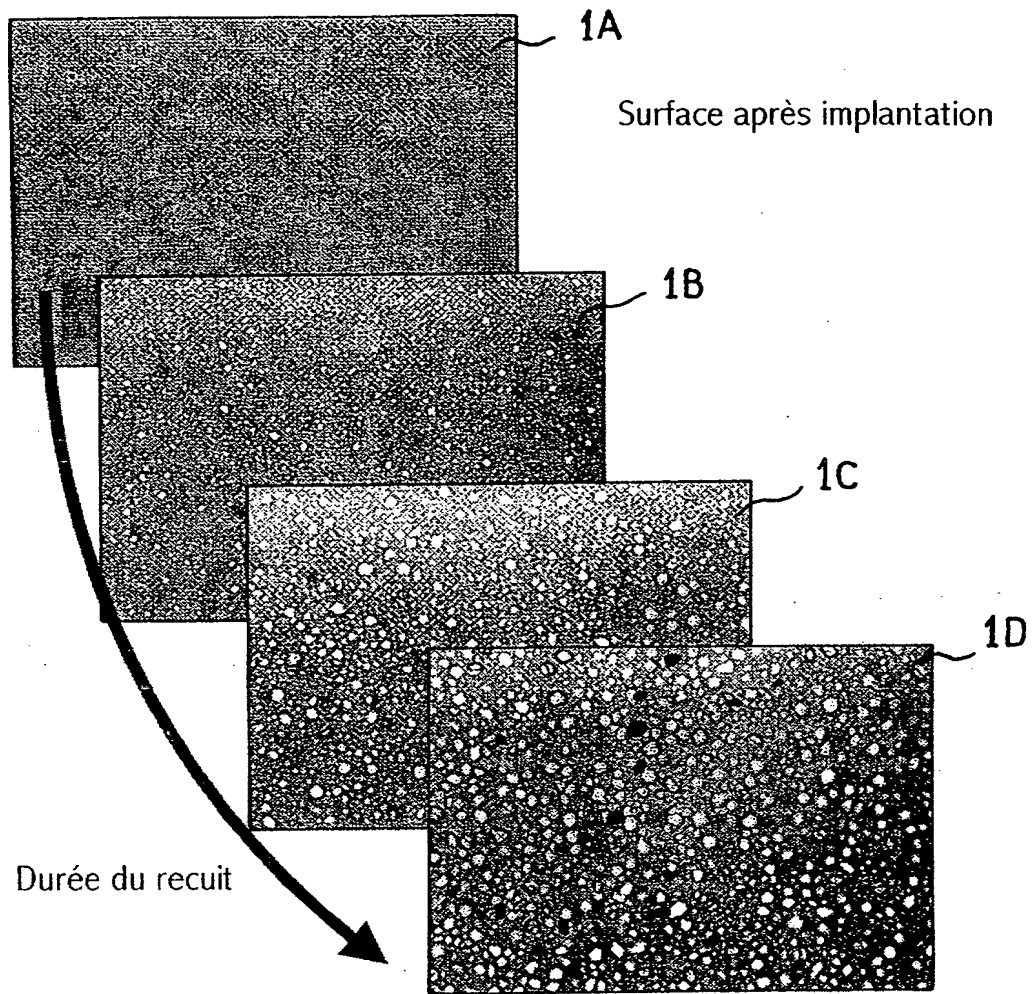


FIG.1

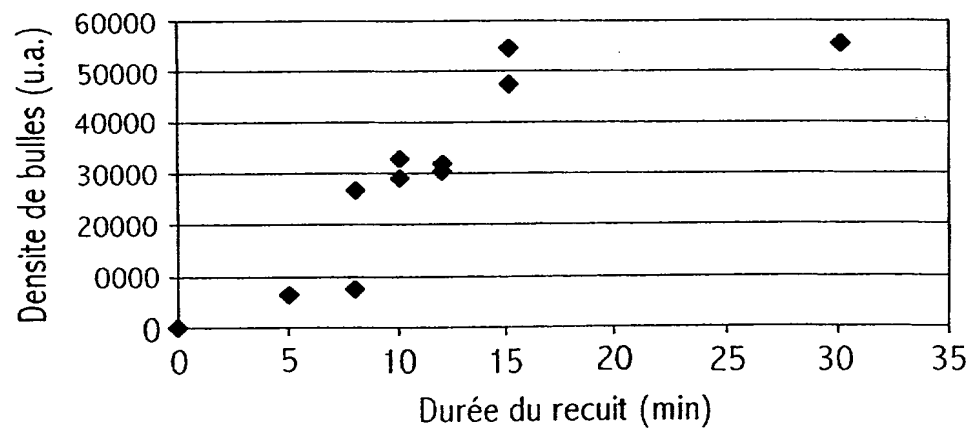


FIG.2

2/2

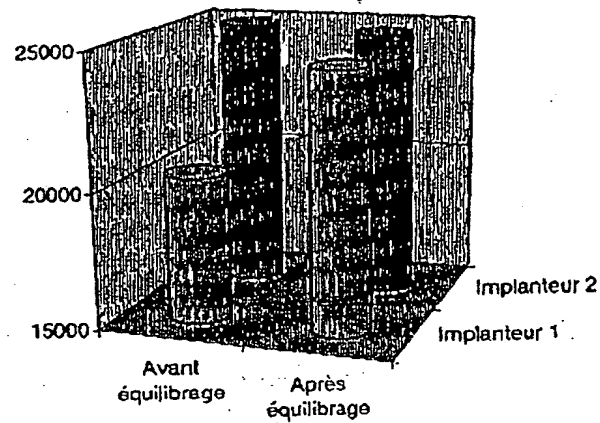


Fig. 3

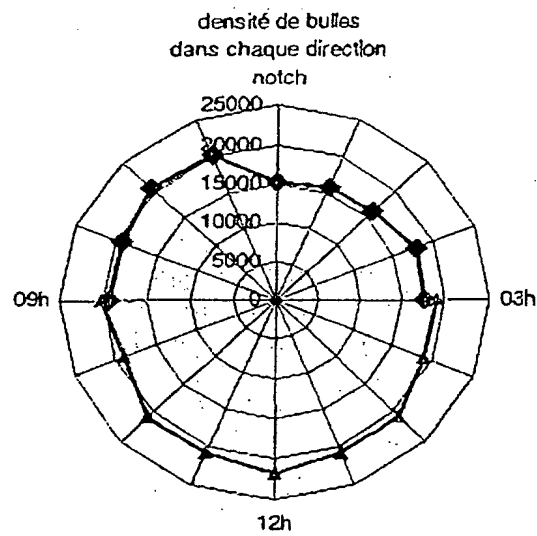


Figure 4

2 / 2

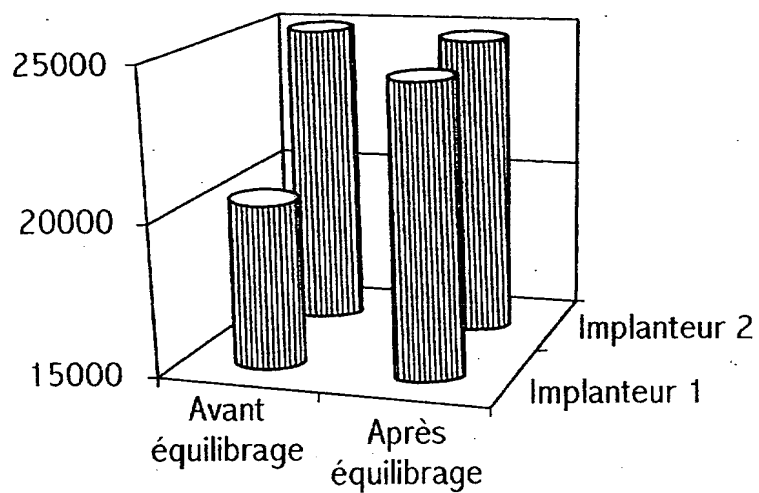


FIG.3

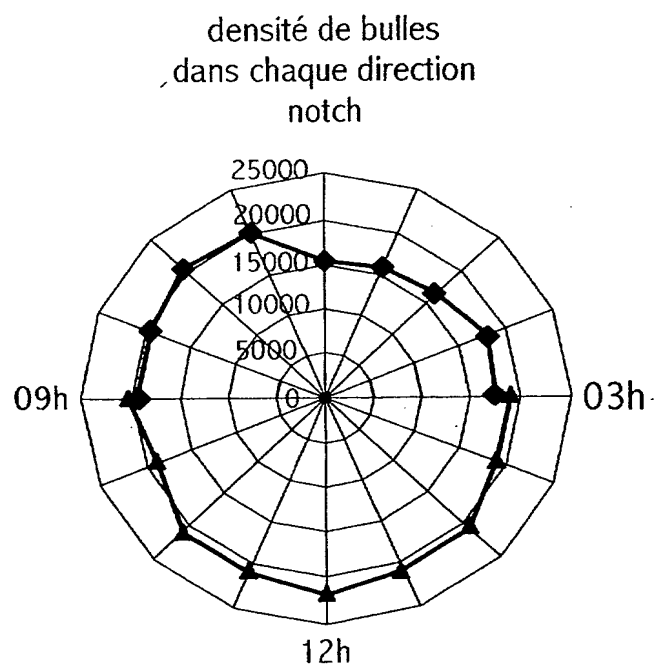


FIG.4

**BREVET D'INVENTION****CERTIFICAT D'UTILITÉ**

Code de la propriété intellectuelle - Livre VI



N° 11235*03

DÉPARTEMENT DES BREVETS26 bis, rue de Saint Pétersbourg
75800 Paris Cedex 08

Téléphone : 33 (1) 53 04 53 04 Télécopie : 33 (1) 42 94 86 54

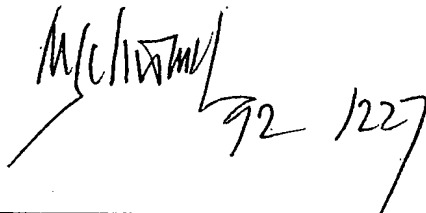
DÉSIGNATION D'INVENTEUR(S) Page N° 1 / 1

(À fournir dans le cas où les demandeurs et les inventeurs ne sont pas les mêmes personnes)

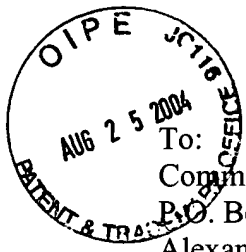


Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

DB 113 W / 270601

| | | | |
|---|----------------------|--------------------------------------|--|
| Vos références pour ce dossier (facultatif) | | 239287 D19633 JC | |
| N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL | | 0112507 | |
| TITRE DE L'INVENTION (200 caractères ou espaces maximum) | | | |
| PROCÉDE DE CARACTERISATION D'UNE ÉTAPE D'IMPLANTATION DANS UN SUBSTRAT DE MATERIAU | | | |
| LE(S) DEMANDEUR(S) : | | | |
| S.O.I.TEC SILICON ON INSULATOR TECHNOLOGIES : Parc Technologique des Fontaines – Chemin des Franques, 38190 BERNIN - FRANCE | | | |
| DESIGNE(NT) EN TANT QU'INVENTEUR(S) : | | | |
| 1 Nom | | MALEVILLE Christophe | |
| Prénoms | | | |
| Adresse | Rue | 90 Rue du Château | |
| | Code postal et ville | 38660 LA TERRASSE FRANCE | |
| Société d'appartenance (facultatif) | | | |
| 2 Nom | | SCHWARZENBACH Walter | |
| Prénoms | | | |
| Adresse | Rue | 19, Chemin du Mollard | |
| | Code postal et ville | 38330 SAINT NAZAIRE LES EYMES FRANCE | |
| Société d'appartenance (facultatif) | | | |
| 3 Nom | | | |
| Prénoms | | | |
| Adresse | Rue | | |
| | Code postal et ville | | |
| Société d'appartenance (facultatif) | | | |
| S'il y a plus de trois inventeurs, utilisez plusieurs formulaires. Indiquez en haut à droite le N° de la page suivi du nombre de pages. | | | |
| DATE ET SIGNATURE(S) DU (DES) DEMANDEUR(S) OU DU MANDATAIRE (Nom et qualité du signataire) | | | |
|  | | | |

THIS PAGE BLANK (USPTO)



EXPRESS MAIL LIST

To:
Commissioner for Patents
P.O. Box 1450
Alexandria, VA 22313-1450

The following items listed below are being filed herewith with the USPTO on August 25, 2004.

| Express Mail No. EV 346 811 578 US | | | |
|---|----------------------------------|--|---------------------------------------|
| Attorney Docket No. | Appln. Serial No./ Patent No. | Items - Documents filed on <u>August 25, 2004</u> | Patent Fees- Acct. #50- 1814 |
| 4717-13300 | 10/809,918 | Submission of Certified Copy of Priority Document Appln. No. FR 0112507 | 0 |

*Please acknowledge receipt of these items as received by returning
the enclosed postcards with the date of receipt of August 25, 2004.*

NY:884081.14

THIS PAGE BLANK (USPTO)

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.

THIS PAGE BLANK (USPTO)

0 475 000000